

ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 553.76:553.493

Е.А. БРУСНИЦЫНА, Г.И. БИРКА, А.С. ШУЛЬГИН

РАДИАЦИОННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ
ПРИ РАЗВЕДКЕ И ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РЕДКИХ
И РАДИОАКТИВНЫХ МЕТАЛЛОВ В РЕСПУБЛИКЕ КОМИ

Показано, что руды месторождений редких металлов и редких земель Республики Коми в различных количествах содержат торий и уран, которые являются основными вредными примесями, что существенно осложняет добычу и переработку руд и требует определенных мер по обеспечению безопасности персонала и охраны окружающей среды. Предложено ранжирование редкометалльных месторождений Республики Коми по содержанию в рудах радиоактивных элементов.

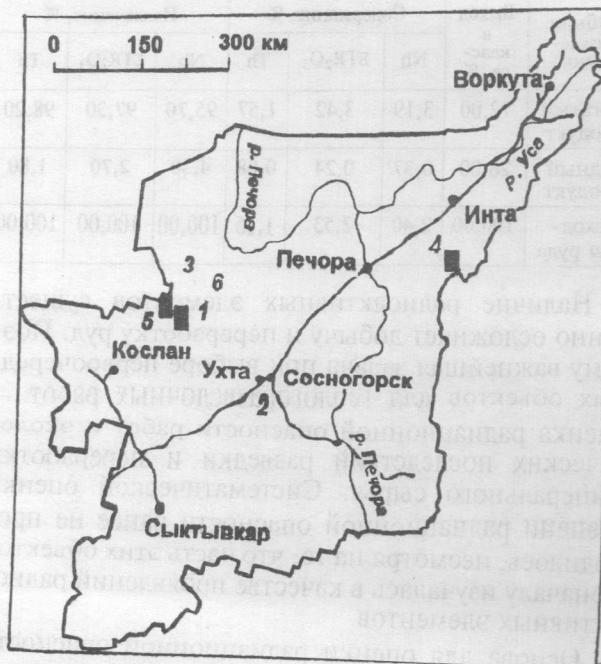
Редкие и редкоземельные металлы распоряжением Правительства РФ № 50 от 16.01.1996 г. отнесены к основным видам стратегического сырья. Формально Россия обладает значительными запасами этих металлов. Однако большинство учетных запасов сосредоточено преимущественно в Северном и Восточно-Сибирском экономических районах и относятся к числу неактивных, поскольку не выдерживают конкуренции с зарубежными аналогами по качеству сырья, либо требуют существенных капитальных затрат на освоение.

В этой связи интерес представляют месторождения редких металлов (Nb, Ta) и редких земель (Ce, Y) в Республике Коми (рисунок). Безусловно, эти объекты уступают по запасам основным, числящимся на Государственном балансе (Томторское, Катугинское и др.). Но в то же время близость к промышленно развитым районам Урала и Центральной России позволяет относить эти объекты к перспективным [1].

Следует отметить, что в рудах большинства редкометалльных месторождений Республики Коми в различных количествах содержатся радиоактивные элементы, концентрирующиеся в продуктах технологического передела совместно с основными полезными компонентами. Поэтому необходимо ранжирование этих месторождений по степени радиационной опасности при разведке, разработке, переработке руд и концентратов. Это важно не только для решения экологических проблем, но имеет и экономический смысл, поскольку обеспечение безопасности персонала и меры по защите окружающей среды, вероятно, отразятся на себестоимости конечной продукции. Ранжирование месторождений Республики Коми

по степени радиационной опасности и являлось основной целью настоящей работы.

Исследования выполнены на основе минералогического и аналитического изучения укрупненных лабораторных минералого-технологических проб и их продуктов передела, отобранных на ряде месторождений редких металлов Респуб-



Схематическая карта размещения редкометалльных и редкоземельных месторождений и рудопроявлений Республики Коми: черные прямоугольники — месторождения редких металлов; 1 — Ворыквинская группа; 2 — Ярегское; 3 — Пижемское; 4 — Косыонское; 5 — Четласская группа; 6 — россыпь Ичет-Ю

лики Коми, а также анализа фондовых и опубликованных материалов.

Редкометалльные месторождения на территории Республики Коми, как правило, являются комплексными. Наибольший интерес представляют месторождения в щелочно-карбонатных метасоматитах Среднего Тимана. Всего в этом районе выявлены около 20 перспективных участков с уже установленными коренными месторождениями или с высокими перспективами обнаружения [3]. Наиболее значимы месторождения Четласской группы (рисунок): Верхне-Светлинское, Октябрьское, Мало-Бобровское, Ново-Бобровское, Верхне-Бобровское, Бобровское, Верхне-Мезенское, Мезенское, Косьюнское. В рудах россыпных месторождений титана (Ярегское, Пижемское, Ичет-Ю) и бокситов (месторождение Верхне-Шугорское Ворыквинской группы) редкие земли — попутные полезные компоненты.

Руды перечисленных месторождений в различных количествах содержат торий и уран, которые являются основными вредными примесями. Однако благодаря радиоактивным элементам руды легко подвергаются рентгенорадиометрической сепарации (табл. 1). Следует отметить, что бедный продукт не является отвальным по количеству радиоактивных элементов и, естественно, требуется его очистка. Содержания радиоактивных элементов (особенно тория) в исходных рудах колеблются от нескольких сотых долей процента до 0,75%, а в некоторых минералого-технологических пробах Ново-Бобровского месторождения количество Th достигает 1,15% (табл. 1).

Таблица 1

Результаты рентгенорадиометрической сепарации руды крупной лабораторной минералого-технологической пробы (класс —50 +25 мм) Ново-Бобровского месторождения

Объект изучения	Выход в классе, %	Содержание, %			Извлечение, %		
		Nb	ΣTR_2O_3	Th	Nb	ΣTR_2O_3	Th
Богатый продукт	72,00	3,19	3,42	1,57	95,70	97,30	98,20
Бедный продукт	28,00	0,37	0,24	0,08	4,30	2,70	1,80
Исходная руда	100,00	2,40	2,53	1,15	100,00	100,00	100,00

Наличие радиоактивных элементов существенно осложняет добычу и переработку руд. Поэтому важнейшая задача при выборе первоочередных объектов для геологоразведочных работ — оценка радиационной опасности работ и экологических последствий разведки и переработки минерального сырья. Систематической оценки степени радиационной опасности ранее не проводилось, несмотря на то, что часть этих объектов поначалу изучалась в качестве проявлений радиоактивных элементов.

Основа для оценки радиационной опасности добычи и переработки руд редкометалльных месторождений — данные о содержании радиоактивных элементов в исходной горнорудной массе, продуктах технологической переработки, получаемых на каждой стадии передела сырья, а также

данные о количестве материала, содержащего уран и торий.

Месторождения редких металлов Республики Коми можно подразделить на следующие группы: 1) руды содержат радиоактивные элементы в промышленных концентрациях; 2) руды не содержат радиоактивные элементы в промышленных концентрациях, но при переработке уран и торий накапливаются в продуктах передела; 3) переработка руд не сопровождается концентрированием радиоактивных элементов.

Редкометалльные месторождения Четласской группы Среднего Тимана относятся к первой группе (табл. 1). Среди природных объектов они наиболее радиационно опасны.

Россыпные месторождения осадочного чехла отличаются низкими количествами радиоактивных элементов в добываемой горнорудной массе (табл. 2). Однако, как показывают исследования технологических проб месторождений Пижем-

Таблица 2

Содержания радиоактивных элементов в исходной руде и концентрате технологических проб Пижемского месторождения и россыпи Ичет-Ю

Месторождение	Объект изучения	Содержание элементов, %	
		U	Th
Пижемское	Исходная руда	<0,0015	<0,0015
	Концентрат	0,023	0,05
Ичет-Ю	Исходная руда	<0,0015	<0,0015
	Концентрат	0,082	0,023

ское и Ичет-Ю, проведенные в лабораториях ВНИИХТа, гравитационные концентраты характеризуются повышенными содержаниями радиоактивных металлов. Например, гравитационный концентрат руд Пижемского месторождения содержит 0,023% U и 0,05% Th, а гравитационный концентрат руд месторождения Ичет-Ю — 0,082% U и 0,023% Th (табл. 2). При этом в тяжелой фракции (>2,9) гравитационного концентрата руд месторождения Ичет-Ю зафиксировано содержание урана 0,24% (по данным рентгеноспектрального микроанализа), что позволяет отнести Пижемское месторождение и россыпь Ичет-Ю ко второй группе объектов по степени радиационной опасности.

Для определения класса работ, проводимых на любой стадии добычи и переработки руд, с помощью оценки количества урана и торийсодержащего материала используется формула:

$$M_{\text{доп. конц}} = (A_{\text{Гр.А}} \cdot \Sigma \text{нуклидов} \cdot 100\%) / (A_{\text{Гр.А}}^{1,0\text{Th}} \text{ прир} \cdot C_{\text{Th}\%} + A_{\text{Гр.А}}^{1,0\text{U}} \text{ прир} \cdot C_{\text{U}\%}),$$

где $M_{\text{доп. конц}}$ — допустимое количество материала; $A_{\text{Гр.А}} \cdot \Sigma \text{нуклидов}$ — суммарная разрешенная активность нуклидов на рабочем месте, приведенная к группе «А»; $A_{\text{Гр.А}}^{1,0\text{Th}} \text{ прир}$ — активность 1 г Th, приведенная к группе «А»; $C_{\text{Th}\%}$ — концентрация тория; $C_{\text{U}\%}$ — концентрация урана.

Для руды Ново-Бобровского месторождения, где количество Th достигает 1,44%, предельные количества материала следующие:

$$M_{\text{доп. I кл. конц}} = [(10^8 \cdot 100\%) / (4,7 \cdot 10^3 \cdot 1,44\%)] = 14\,775 \text{ кг,}$$

Состав основных рудных минералов (вес. %) по данным микрорентгеноспектрального анализа (ВНИИХТ, 2001 г.)

Ново-Бобровское месторождение														
Минерал	ThO ₂	UO ₂	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Y ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	La ₂ O ₃	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	FeO	TiO ₂	MnO
Торит	53,10	н/о	5,64	19,64	3,34	0,15	0,24	—	—	—	—	—	—	—
То же	57,98	н/о	7,29	13,94	3,76	0,38	0,38	—	—	—	—	—	—	—
Монацит	6,29	н/о	2,77	н/о	22,66	0,13	51,11	9,81	5,02	—	—	—	—	—
То же	10,35	н/о	0,85	4,60	22,15	0,17	31,75	18,90	9,04	—	—	—	—	—
» »	7,02	н/о	0,82	3,11	19,97	0,07	30,59	17,03	8,14	—	—	—	—	—
Ксенотим	0,20	н/о	0,48	0,27	35,15	44,14	0,03	—	н/о	—	—	—	—	—
То же	1,48	н/о	0,12	0,30	33,51	47,60	н/о	—	н/о	—	—	—	—	—
Колумбит	н/о	н/о	—	—	—	—	—	—	—	77,85	н/о	11,13	1,92	10,84
То же	н/о	н/о	—	—	—	—	—	—	—	76,83	0,06	12,30	0,58	10,37
Ильменорутил	0,02	н/о	—	—	—	—	—	—	—	24,07	0,05	15,26	61,45	0,04
То же	0,01	н/о	—	—	—	—	—	—	—	11,32	0,04	5,93	78,58	0,02
» »	н/о	н/о	—	—	—	—	—	—	—	14,20	н/о	6,68	79,02	0,03
Гидроксиды железа	0,15	н/о	0,32	84,30	2,29	0,05	0,33	—	—	—	—	—	—	—
То же	0,07	н/о	0,52	92,20	1,91	н/о	0,23	—	—	—	—	—	—	—
» »	1,80	н/о	0,86	77,95	3,04	0,03	6,71	—	—	—	—	—	—	—
Россыпь Ичет-Ю														
Монацит (куларит)	0,12	0,08	—	—	31,28	0,19	39,49	—	28,83	—	—	—	—	—
То же	0,09	0,02	—	—	36,39	0,50	41,85	—	21,28	—	—	—	—	—
» »	н/о	н/о	—	—	35,06	н/о	40,79	—	23,30	—	—	—	—	—
» »	0,76	0,20	—	—	34,28	0,07	43,85	—	20,42	—	—	—	—	—
Ксенотим	2,02	1,75	—	—	30,64	59,95	2,21	—	1,68	—	—	—	—	—
То же	2,45	0,68	—	—	30,95	60,62	3,41	—	2,34	—	—	—	—	—
» »	1,86	0,32	—	—	30,54	60,32	2,98	—	2,45	—	—	—	—	—
Колумбит	0,04	н/о	—	—	—	0,11	—	—	—	80,59	н/о	14,16	0,50	4,84
То же	н/о	н/о	—	—	—	0,12	—	—	—	71,88	0,11	10,12	н/о	17,92
» »	н/о	н/о	—	—	—	н/о	—	—	—	74,36	0,13	15,16	0,11	10,68
Ильменорутил	н/о	н/о	—	—	—	н/о	—	—	—	24,11	н/о	7,40	69,18	н/о
То же	н/о	н/о	—	—	—	н/о	—	—	—	21,75	н/о	13,24	64,11	н/о

Примечание. н/о — не обнаружен; прочерк — не определялся.

где $M_{\text{доп I кл. конц}}$ — минимальное количество материала, допустимое для I класса работ.

Следовательно, для такого материала при массе больше 14,77 т допускается только I класс работ.

Таким образом, практически все промышленные операции и значительная часть лабораторных работ с материалом руд такого качества, как в 1-й и 2-й группах месторождений, будут соответствовать I классу работ, так как суммарная активность на рабочем месте превысит 10^8 Бк [2]. Эти работы должны проводиться в соответствующих условиях, что необходимо предусматривать при подготовке проектной документации.

Основной концентрат тория и урана в редкометалльных месторождениях Среднего Тимана — торит (ферриторит, ауэрлит, гидроторит). Примеси урана и тория были отмечены в монаците, куларите, ксенотиме, колумбите, ильменорутиле, гидроксидах железа (табл. 3).

Торит отмечен в сростании со всеми основными минералами пород — полевыми шпатами, кварцем, гидроксидами железа. Чаще всего он наблюдается среди гётита. Широко распространены тесные сростания торита с монацитом (с ним могут быть связаны значительные количества тория), колумбитом и ильменорутилом. Из-за присутствия радиоактивных элементов в минералах-концентракторах основных полезных компо-

Таблица 4

Содержание элементов во фракциях (мас.%) укрупненной лабораторной минералого-технологической пробы Ново-Бобровского месторождения

Класс крупности, мм	Фракция по удельному весу, г/см ³	Содержание, %		
		Nb	ΣTR_2O_3	Th
-0,2+0,15	-2,7	0,01	0,034	0,006
	2,7-2,9	3,08	1,88	0,64
	2,9-4,2	н/о	3,64	1,60
	-4,2	н/о	18,39	4,30
-0,15+0,1	-2,7	0,009	0,029	0,008
	2,7-2,9	3,64	2,38	0,92
	2,9-4,2	н/о	2,10	0,72
	-4,2	н/о	16,81	5,40
-0,1+0,074	-2,7	0,01	0,022	0,022
	2,7-2,9	3,13	3,73	1,48
	2,9-4,2	н/о	8,71	2,80
-0,074+0,044	-4,2	н/о	15,92	8,00
	-2,7	0,008	0,014	0,043
	2,7-2,9	3,16	4,86	2,15
	2,9-4,2	н/о	18,60	7,10
	-4,2	н/о	26,90	8,40

Примечание. н/о — не обнаружен.

нентов и близости физических свойств этих минералов с минералами тория коллективные концентраты руд этих месторождений характеризуются на порядок более высокими содержаниями радиоактивных элементов по сравнению с исходными рудами (табл. 4). Таким образом, необходима очистка коллективных концентратов от радиоактивных элементов и меры по захоронению отходов производства.

В редкометалльных месторождениях осадочно-го чехла главные концентраты радиоактивных элементов — монацит, куларит и ксенотим (табл. 3).

Минералогическое изучение руд показало, что значительная часть тория и редких элементов находится в относительно легко растворимых минералах (оксидах железа и торите). Такое состояние руд определяет опасность выходов этих месторождений на поверхность в качестве источников загрязнения радиоактивными элементами и необходимость проведения мониторинга окружающей среды. Кроме пылевого загрязнения существует опасность загрязнения водотоков. Частичное ре-

шение этих проблем может быть связано с нахождением потребителя тория.

Заключение

Представляя важность для Российской Федерации месторождений редких металлов, следует признать, что при принятии решений об их разведке и разработке необходим предварительный анализ экологических последствий этого шага, а также разработка мероприятий по защите персонала. Безусловно, это повлечет за собой ухудшение экономических показателей работы проектируемых предприятий. Особенно это касается месторождений 1-й группы.

Понимая все трудности в освоении месторождений Республики Коми, они рассматриваются в качестве перспективных объектов в силу следующих причин: 1) редкие металлы и редкие земли являются стратегическим сырьем, дефицитным в настоящее время в России; 2) освоение месторождений Республики Коми потребует меньших капитальных затрат по сравнению с крупными месторождениями Якутии и Сибири в силу более благоприятного географического положения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гранович Б.В., Граудинь А.Э., Конык О.А. Развитие горнорудного комплекса в Республике Коми — важный фактор обеспечения экономического будущего России // Минеральные ресурсы России, специальный выпуск. 2000. Июль. С. 21—23.
2. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99). М.: Минздрав, 2000.
3. Хорошкеев Н.И., Тарбаев М.Б., Лихачев В.В. Минерально-сырьевая база Республики Коми: твердые полезные ископаемые и подземные воды // Минеральные ресурсы России, специальный выпуск. Июль. 2000. С. 30—34.

ГУП ВНИИХТ
Рецензент — В.Е. Бойцов

Соединение, %	№	Фракция по крупности, вес. %	Класс крупности, мкм
Тр	0,01	— 2,5	— 0,25+0,15
0,006	0,034	— 2,5	
0,64	1,88	2,5—2,5	
1,80	2,64	2,5—4,5	
4,30	18,32	— 4,5	

Журнал «Известия вузов. Геология и разведка» публикует рекламные объявления. В качестве рекламодателей могут выступать предприятия, организации, фирмы, акционерные общества и отдельные граждане, рекламирующие печатные издания, различные изделия, разработки, технологии, имеющие отношение к геологии, разведке и горному делу.

Публикация рекламных объявлений платная. Стоимость рекламы устанавливается по договоренности. По желанию заказчика реклама может публиковаться несколько раз.

Контактные телефоны

Б.М. Ребрик 433-62-66 доб. 1149
О.С. Брюховецкий 433-64-55 т/ф